

文章编号:0253-9985(2012)02-0217-08

柯坪露头区柯坪塔格组河流作用为主的三角洲沉积特征及其油气勘探意义

白振瑞^{1,2}, 邢凤存³, 李会宪⁴

(1. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083; 2. 中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083;
3. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 4. 中国石化 河南油田分公司 物探研究院, 河南 南阳 473132)

摘要:塔里木盆地志留系海相碎屑岩储层是一套重要的勘探目的层系,在塔中和塔北地区勘探已有突破。但有关这套储层的沉积环境和沉积特征还没有形成统一的认识,不利于下一步的勘探。通过野外露头精细沉积学观察及室内镜下分析,揭示柯坪露头区柯坪塔格组由3个三级层序构成,其内发育以大型河流作用为主的三角洲沉积,主要为三角洲前缘和前三角洲沉积,并进一步识别出水下分流河道、支流间湾、河口坝、远砂坝及前三角洲泥等沉积。同时,层序底界大型下切水下分流河道的发现,预示着深水区可能存在大型深水浊积砂体。柯坪塔格组该类三角洲沉积组合对塔里木盆地志留系碎屑岩油气勘探具有重要的指示意义,较好的油源条件、面状分布的砂体及多套储盖组合构成了较好的油气成藏条件,而其深水区可能存在的浊积砂体也是潜在的油气勘探区。

关键词:三角洲;沉积特征;柯坪塔格组;柯坪地区;塔里木盆地

中图分类号:TE121

文献标识码:A

Sedimentary features of fluvial-dominated delta in the Kepingtage Fm in Keping outcrop area and their significance for petroleum exploration

Bai ZhenRui^{1,2}, Xing Fengcun³ and Li Huixian⁴

(1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China; 3. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 4. Geophysical Exploration Research Institute, SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: The Silurian marine clastic reservoir in Tarim Basin is an important exploration play, in which some exploration breakthrough has been made in Central Tarim and North Tarim. However, no consensus has been reached about its sedimentary environment and characteristics, influencing future exploration. Based on the outcrop research and microscopic analysis of thin sections, this paper reveals that the Kepingtage Formation (Fm) in the Keping outcrop area can be divided into three third-order sequences. Large-scale fluvial-dominated delta deposits (mainly delta front and pro-delta deposits) are recognized in the Kepingtage Fm. Further more, several microfacies such as underwater distributary channel, inter-branch channel bay, mouth bar, distal bar and pro-delta mudstone are identified. The existence of large incised channel on the lower boundary of sequence indicates that large-scale deep water turbidite sandbody may develop in deep water. This delta deposits combination in the study area is of great significance for petroleum exploration in the Silurian marine clastic reservoirs in Tarim Basin. Favorable source rock conditions, large sandbody and multiple reservoir-source rock combinations are favorable for hydrocarbon accumulation. The turbidite sandbodies possibly developed in the deep water area are also the potential exploration targets.

Key words: delta, sedimentary feature, Kepingtage Formation, Keping area, Tarim Basin

收稿日期:2011-12-05; 修订日期:2012-01-15。

第一作者简介:白振瑞(1967—),男,博士研究生、高级工程师,石油地质。

志留系海相碎屑岩是塔里木盆地重要的油气勘探领域之一,目前在塔中和塔北地区均有油气突破^[1-5]。同时,该层位存在大量的沥青砂岩^[6-8],表明志留系曾经历过大规模的油气充注成藏^[9-12]。寻找保存较好的有利油气圈闭或油气调整区是勘探的重点,而其砂体的空间展布规律及形态结构直接关系到油气储层的寻找及其空间展布的预测。但目前储层形成的沉积环境类型及其分布规律还有待揭示。很多学者对研究区储层的成因提出了不同的观点^[13-19]。

前人研究认为柯坪露头区下志留统柯坪塔格组主要为滨岸(前滨和临滨)和陆棚沉积^[20],其沉积环境尚存争议。本次研究中,在志留系出露完整的柯坪露头区开展了系统的沉积学研究,识别出了志留系柯坪塔格组大型河流作用为主的三角洲沉积,该类三角洲的识别具有重要的油气勘探意义。为此,本文针对柯坪塔格组河流作用为主的三角洲识别标志和沉积特征开展了研究工作,并在此基础上论述了其重要的油气勘探意义。

1 区域地质背景

晚奥陶世—早志留世柯坪塔格组是塔里木盆地重要的构造沉积转换阶段,受晚加里东运动影响,沉积环境发生了明显变化,在其沉积之前,塔里木盆地主要为海相碳酸盐岩沉积环境,而该时期则突变为海相碎屑岩沉积。关于塔北地区是否存在晚加里东运动具有争议,目前逐渐认识到该期运动在塔里木北部具有响应作用,邢凤存通过沉积学研究指出了柯坪地区晚加里东运动再旋回造山带活动特征^[20]。

柯坪露头区位于塔里木盆地西部阿克苏市西

部,下古生界出露完整,区内下志留统自下而上依次发育柯坪塔格组、塔塔埃尔塔格组和依木干他乌组。柯坪塔格组岩性主要为灰色—灰绿色,与下伏上奥陶统印干组呈角度不整合接触,可进一步划分为下砂岩段、中泥岩段和上砂岩段;塔塔埃尔塔格组与柯坪塔格组具有明显的岩性、颜色突变,由柯坪塔格组的灰色沉积向上突变为塔塔埃尔塔格组和依木干他乌组紫红色的潮坪背景的碎屑岩沉积,其中塔塔埃尔塔格组可进一步细分为下泥岩段和上砂岩段,其中上砂岩段又可细分为下砂、中泥和上砂三个岩性段。依木干他乌组主要为泥质类的细粒沉积。由此可看出,下志留统反映了由下向上水体逐渐变浅的特点。

2 层序地层结构特点

柯坪塔格组沉积旋回结构清晰,可划分为3个三级层序(图1),分别命名为 SQ_1 、 SQ_2 和 SQ_3 ,各自对应下砂岩段、中泥岩段和上砂岩段。其中 SQ_1 由LST、TST和HST三个体系域构成,上部的 SQ_2 和 SQ_3 则主要由TST和HST两个体系域构成,缺少LST。不同体系域砂体分布差异明显,HST和LST主要以砂岩沉积为主,TST则主要以泥岩沉积为主。

3 沉积环境及典型沉积标志

3.1 沉积环境

柯坪塔格组主要为陆棚沉积,岩性为深灰色泥岩,泥岩具页理化,水平层理发育,可见笔石化石。砂岩中可见浪成交错层理,指示了波浪改造的背景,但未见明显的潮汐沉积标志。

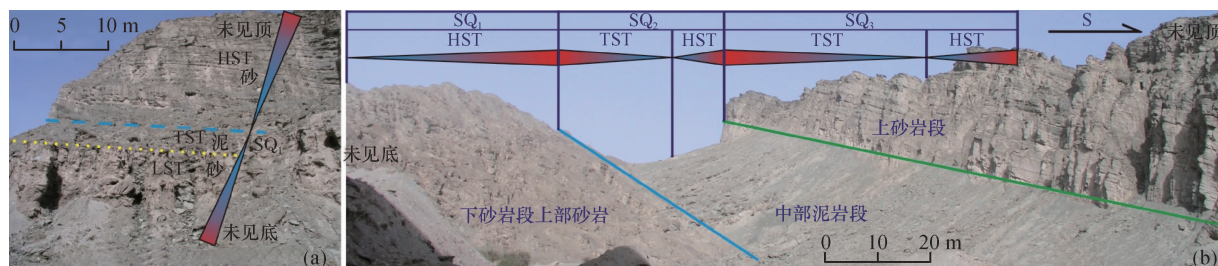


图1 柯坪露头区大湾沟剖面柯坪塔格组层序地层划分

Fig. 1 Sequence stratigraphy division of the Kepingtage Fm on Dawangou section in Keping outcrop area

a. 柯坪塔格组下砂岩段垂向结构;b. 柯坪塔格组中-上部结构

3.2 典型沉积标志

3.2.1 岩石学特征

柯坪地区柯坪塔格组物源主要来自再旋回造山带物源区,岩性主要为灰色、浅灰色或灰绿色粉砂岩、细砂岩和中砂岩,主要以岩屑砂岩为主(图2,图3),其次为含岩屑砂岩(图2),总体上反

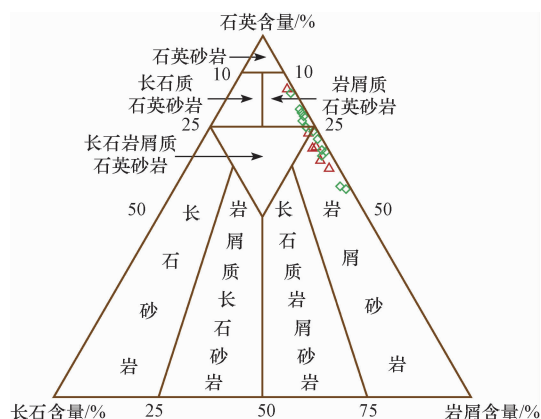


图2 柯坪露头区柯坪塔格组砂岩类型

Fig. 2 Types of sandstones in the Kepingtage Fm in Keping outcrop area

映了低-中等成分成熟度的特点。长石含量较低,一般为1%~3%,斜长石含量高于钾长石含量;石英含量为55%~83%,岩屑总量一般为11%~39%,主要由燧石、岩屑、变质岩屑和火山岩屑等构成。

砂岩分选中等到好,受埋藏期成岩作用影响,露头区柯坪塔格组砂岩普遍具有石英次生加大特点,显微镜下可识别出原始沉积状态下的次棱角-次圆状特点(图3)。

综上岩石学特征,该层位砂岩具有成分成熟度低、结构成熟度中等的特征,不具备典型的浪成滨岸高能带的高成分成熟度和较好磨圆度特点。

3.2.2 典型沉积构造及含有物

柯坪大湾沟剖面沉积构造现象丰富。可识别出多种类型的层理构造、层面构造及同沉积变形构造,同时也具有较多的含有物(图4)。

1) 层理构造

柯坪塔格组砂岩沉积构造现象丰富,主要可

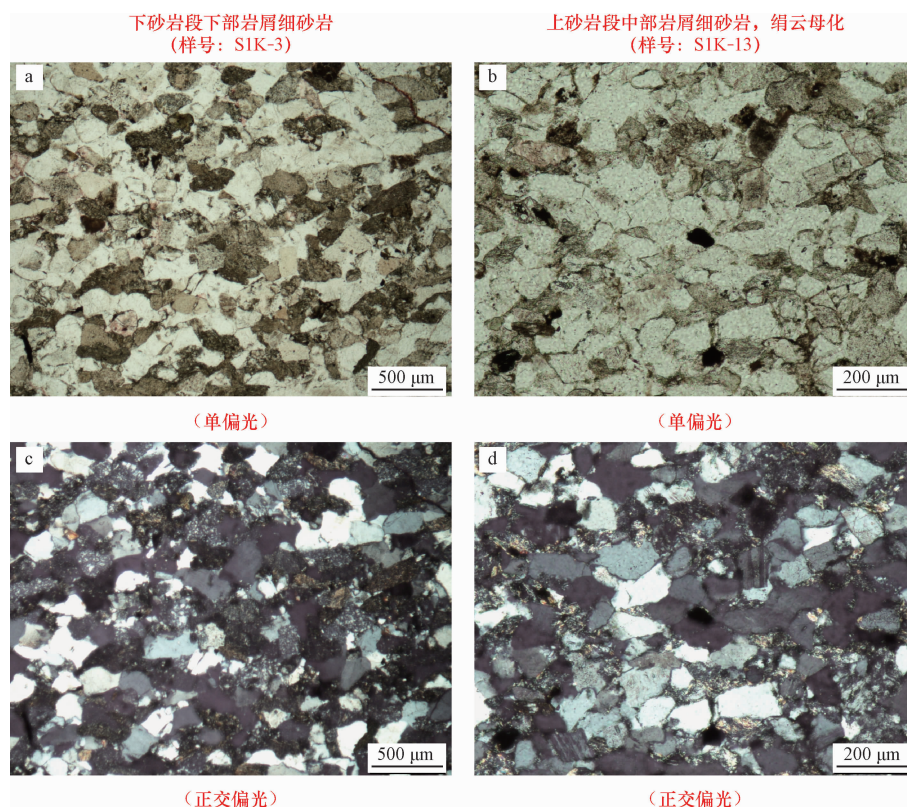


图3 柯坪露头区柯坪塔格组砂岩显微照片

Fig. 3 Typical microscopic photos of sandstone of the Kepingtage Fm in Keping outcrop area

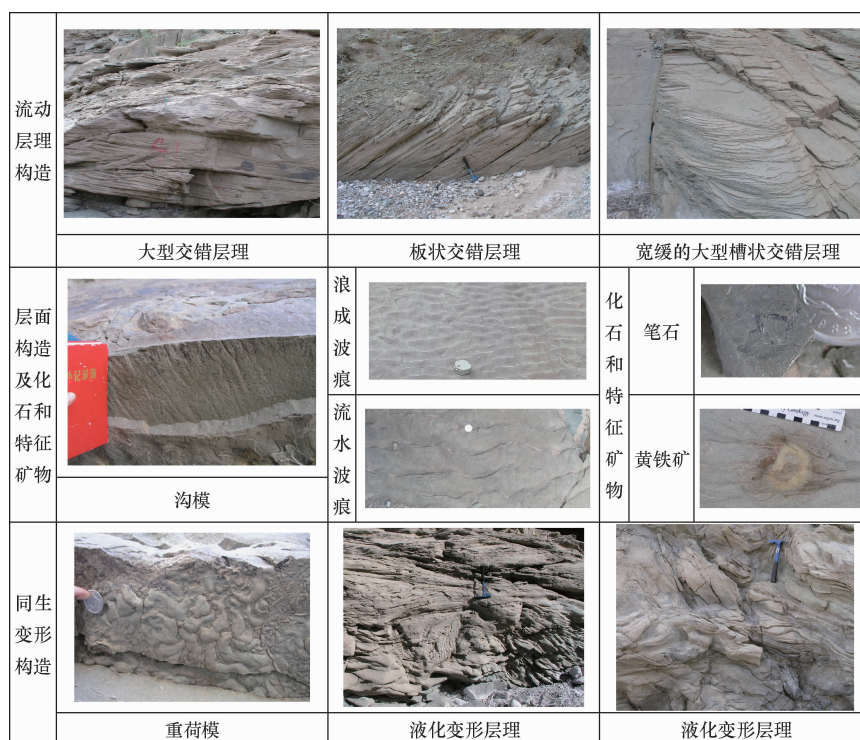


图4 柯坪露头区柯坪塔格组沉积构造典型照片

Fig. 4 Typical sedimentary structures of the Kepingtage Fm in Keping outcrop area

识别出平行层理、板状交错层理、槽状交错层理、浪成交错层理及楔状交错层理等(图4), 同时还可识别出介于槽状交错层理向平行层理过渡的纹层平直的宽缓槽状交错层理。层理主要反映了单向水流结构特征, 可见双向波浪改造特点。同时可见河道底冲刷面和下切特点, 上砂岩段底部可见大型河道下切陆棚泥岩特征(图5)。

2) 层面构造

该层位层面构造主要可见及重荷膜、沟膜及波痕等, 其中, 波痕可进一步区分出流水波痕和浪成波痕(图4)。

3) 生物化石和特征矿物

柯坪塔格组内可见笔石化石和黄铁矿结核等(图4), 指示了水体较深的环境特点。

图5 柯坪塔格组 SQ₃ 底部大型水下分流河道和下切陆棚泥岩Fig. 5 Large-scale underwater distributary channel and the incised shelf mudstones at the lower boundary of SQ₃ in Kepingtage Fm

3.2.3 沉积组合特征

沉积组合特征主要表现为向上泥岩变薄、砂岩增厚的多个进积旋回结构(图1)。

3.2.4 沉积环境

综合以上各种沉积标志,较低的成分成熟度、中等结构成熟度、单向为主的水流、明显的河道下切结构及进积的旋回结构均反映了三角洲沉积特点。研究认为,研究区内主要以单向河流作用为主,且具有一定的波浪改造影响,因此,确定为河流作用为主的三角洲沉积。

4 三角洲沉积环境构成及演化

通过以上分析,揭示河流作用为主的三角洲主要由三角洲前缘和前三三角洲两个亚相构成,进一步可识别出水下分流河道、河口坝、远砂坝和支流间湾及前三三角洲泥等微相类型,前缘席状砂不发育(图6)。

4.1 沉积环境构成

4.1.1 水下分流河道

岩性主要为灰色、浅灰色或灰白色细砂岩和

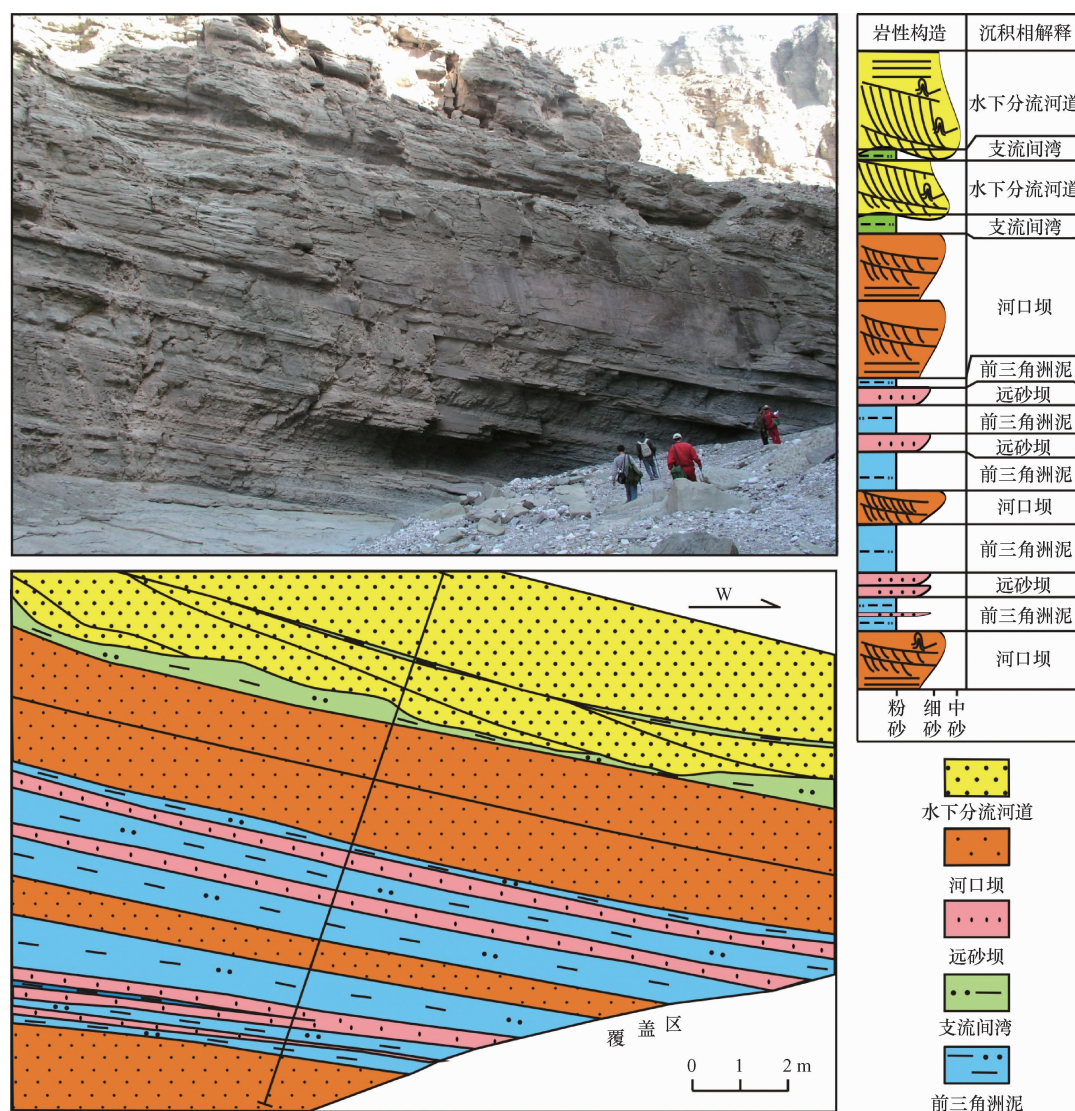


图6 柯坪露头区柯坪塔格组三角洲前缘及前三三角洲组合露头照片及解释

Fig.6 Photo of the delta front and pro-delta combination and its interpretation of the Kepingtage Fm in Keping outcrop area

中砂岩。可识别出两种类型水下分流河道,一种是在三角洲前缘内部与河口坝和支流间湾组合的水下分流河道,该类河道位于层序的内部,垂向上沉积连续,单个河道厚度一般为1~3 m,宽度一般为5 m以上,底部一般可见下切河口坝。河道内可见大型槽状交错层理、板状交错层理、楔状层理和平行层理,局部见浪成交错层理,并且普遍发育大型同生液化变形结构,总体反映了沉积期具有一定地貌坡度及沉积物快速堆积的特点。河道砂岩内发育现已风化的黄铁矿结核。

另一种河道表现为具有明显下切且沉积环境突变的大型下切河道,主要下切深灰色陆棚泥岩,分布在上砂岩段的底部,作为层序界面出现,河道延伸长度大于200 m,组合厚度可达50 m。该类河道沉积构造与前者类似。这种大型下切特点预示着三角洲远端有可能存在大型浊积砂体。

4.1.2 河口坝

岩性主要为灰色细砂岩-中砂岩。表现为向上变粗、砂岩层变厚的旋回结构,顶部与泥岩呈突变接触,底部无冲刷下切结构,可见大型交错层理及平行层理,也可见同生液化变形构造。一般河口坝横向延伸较远,可超过100 m,单期河口坝厚度一般为1.5~4 m,多期厚度可超过10 m。

4.1.3 远砂坝

岩性主要为灰绿色或灰色细砂岩,内部见小型交错层理,单个远砂坝厚度一般小于1 m,横向延伸较河口坝短,一般大于3 m。

4.1.4 支流间湾和前三角洲泥

支流间湾和前三角洲泥主要为灰绿色、灰色及深灰色泥岩或粉砂质泥岩。可见水平层理或块状层理。泥岩内部可见笔石类和腹足类等化石。

4.1.5 垂向组合样式

垂向上三角洲前缘和前三角洲交替出现,可进一步识别出远砂坝-前三角洲泥-河口坝、河口坝-支流间湾-水下分流河道和河口坝-陆棚等垂向组合序列。总体上表现为向上水体变浅的进积旋回结构(图6)。

4.2 层序格架下的沉积相垂向演化

柯坪塔格组沉积旋回结构清晰,且明显受层序地层结构控制。总体上,低位体系域以三角洲前缘沉积为主;海侵体系域主要以陆棚深灰色泥岩沉积为主;而高位体系域则主要由三角洲前缘和前三角洲沉积构成,柯坪塔格组总体具有向上水体变浅的特点。

5 油气勘探意义

柯坪露头区地层沉积结构和沉积序列在塔北地区具有较好的对应性,该地区的沉积结构及储盖组合对塔北地区乃至整个塔里木盆地均具有较好的指示意义。不同的储集砂体类型勘探开发的方法有所不同,而大型河流作用为主的三角洲沉积的识别不但预示了良好连片性储层的分布,同时也揭示了较好的储盖组合特征,因此,对油气勘探具有重要的指示意义。

柯坪露头区柯坪塔格组发育沥青砂岩,说明该地区这个层位曾经经历过较好的油气充注和富集。

5.1 储层

5.1.1 三角洲前缘储集体

柯坪露头区柯坪塔格组三角洲前缘砂体发育,尤其是三角洲前缘水下分流河道和河口坝砂体沉积组合,是有利的储层部位,砂体连片性好,垂向厚度大。这种沉积环境下很容易形成较有利的储层分布区。同时,这种环境也预示着砂体的展布具有垂直岸线延伸的特点,而非单一的平行岸线带状分布的滨岸砂体展布特征。

5.1.2 深水浊积砂体

在柯坪塔格组上砂岩段底部(SQ₃底界)发现了大型下切水下分流河道,下部与水体较深的陆棚相泥岩呈突变接触,这种层序底界的大型下切水下分流河道(与陆棚突变)及层序内部连续沉积的水下分流河道内普遍发育同生变形构造,这反映了同沉积期地貌具有一定的坡度,预示着陆棚边缘可能存在坡折带,而这种地貌结构很容易在盆地深水位形成大型浊积砂体,因此,为在原始沉积的深水寻找有利的浊积砂体提供了参考意义。

5.2 生储盖组合意义

除上述优质储集层存在外,该层位内部以三级层序体系域为单元,存在多套较好的储盖组合。

5.2.1 油源条件较好

多套烃源岩向柯坪露头区柯坪塔格组供烃。首先,该层位下部存在上奥陶统印干组泥质烃源岩,同时,下奥陶统萨尔干组也存在优质的泥质烃源岩。这些烃源岩为柯坪塔格组砂岩油气成藏提供了较好的油源条件。

5.2.2 多套储盖组合

柯坪塔格组及上覆地层构成了多套储盖组合(图2),区域性盖层主要有两套,即柯坪塔格组上覆的塔塔埃尔塔格组底部较厚的紫红色泥岩是较好的区域性盖层,该盖层之上未见油气显示,表明了其封盖条件较好;柯坪塔格组内部中泥岩段也是较好的区域性盖层。除此之外, SQ_1 和 SQ_3 内部TST泥岩层较稳定,也是较好的局部甚至是区域性盖层(图2)。

5.2.3 油气勘探思路

结合野外露头研究,认为塔北地区油气勘探要重视并寻找柯坪塔格组大型三角洲沉积,同时,野外揭示的潜在深水浊积砂体或海底扇也是重要的勘探目标。

6 结语

塔里木盆地柯坪露头区志留系柯坪塔格组识别出大型河流作用为主的三角洲沉积,主要由三角洲前缘和前三角洲沉积构成。大型三角洲前缘砂体及其潜在的深水浊积砂体是重要的油气储集层,加之垂向上有利的生储盖组合构成了较好的成藏条件。而此类三角洲的空间分布特征还有待进一步揭示和探讨。

致谢:研究受中石化前瞻性项目《塔里木盆地台盆区古构造古环境及其动态演化》资助。野外露头初次踏勘得到了中石化西北分公司陈跃同志的帮助。特此表示感谢。

参 考 文 献

[1] 王毅,陈元壮.塔河地区南部志留系柯坪塔格组油气藏形

成条件[J].石油与天然气地质,2008,29(5):632-638.

Wang Yi, Chen Yuanzhuang. Conditions of hydrocarbon pooling in the Silurian Kepingtage Formation in the southern Tahe region of the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(5): 632-638.

[2] 漆立新,云露.塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素[J].石油与天然气地质,2010,31(1):1-12.

Qi Lixin, Yun Lu. Development characteristics and main controlling factors of the Ordovician carbonate karst in Tahe oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 1-12.

[3] 王萍,刘洛夫,李燕,等.塔中地区志留系柯坪塔格组上3亚段储层特征及与油气分布的关系[J].石油与天然气地质,2008,29(2):174-180.

Wang Ping, Liu Luofu, Li Yan, et al. Reservoir characteristics of the 3rd upper sub-member of the Silurian Kepingtage Formation in Tazhong area and their relations to oil and gas distribution[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2): 174-180.

[4] 曾清波,樊太亮,刘聪,等.塔里木盆地志留系下砂岩段成藏组合分析及有利勘探区带评价[J].现代地质,2008,22(2):247-254.

Zeng Qingbo, Fan Taiyang, Liu Cong, et al. Play analysis and profitable exploration area evaluation of Lower Sandstone Section of Silurian in Tarim Basin[J]. Geoscience, 2008, 22(2): 247-254.

[5] 蔺军,周芳芳,袁国芬.塔河地区寒武系储层深埋藏白云石化特征[J].石油与天然气地质,2010,31(1):13-21,27.

Lin Jun, Zhou Fangfang, Yuan Guofen. Features of deep burial dolomitization of the Cambrian reservoirs in Tahe region[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 13-21, 27.

[6] 王显东,姜振学,庞雄奇,等.塔里木盆地志留系古油藏规模探讨[J].西南石油大学学报,2008,30(3):13-16.

Wang Xiandong, Jiang Zhenxue, Pang Xiongqi, et al. Size discussion of the Silurian paleo-reservoir in Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2008, 30(3): 13-16.

[7] 何坤,米敬奎,张水昌,等.塔里木盆地志留系沥青砂的二次生烃及地质意义[J].石油与天然气地质,2011,32(5):682-691.

He Kun, Mi Jingui, Zhang Shuichang, et al. Secondary hydrocarbon generation of the Silurian asphalt sandstone in Tarim Basin and its geological implication[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(5): 682-691.

[8] 吴立群,焦养泉,荣辉.塔里木盆地西部四十厂剖面志留系柯坪塔格组沥青砂岩沉积特征[J].现代地质,2011,25(1):48-54.

Wu Liqun, Jiao Yangquan, Rong Hui. Sedimentary characteristics of Silurian Kepingtage Formation bituminous sandstone at Sishichang Section, Western Tarim Basin[J]. Geoscience, 2011, 25(1): 48-54.

[9] 刘金华,杨少春,卢鹏,等.塔里木盆地志留-泥盆系油气输导及二次运移[J].天然气工业,2008,28(6):23-26.

Liu Jinhua, Yang Shaochun, Lu Peng, et al. Hydrocarbon trans-

- portation and secondary migration of the Silurian-Cambrian in Tarim Basin[J]. Gas Technology, 2008, 28(6): 23-26.
- [10] Meng Qingyang, Pang Xiongqi, Gao Jianbo. The multi-factor recombination and processes superimposition model for hydrocarbon accumulation: application to the Silurian in the Tarim Basin[J]. Petroleum Science, 2008, 5(1): 13-19.
- [11] 肖晖,任战利,崔军平. 塔里木盆地孔1井志留系含气储层成藏期次研究[J]. 石油试验地质, 2008, 30(4): 357-362.
Xiao Hui, Ren Zhanli, Cui Junping. Studies of accumulation stages of Silurian gas-bearing reservoir in well Longque 1 in the Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(4): 357-362.
- [12] 吕修祥,白忠凯,赵风云. 塔里木盆地塔中隆起志留系油气成藏及分布特点[J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 156-166.
Lv Xiuxiang, Bai Zhongkai, Zhao Fengyun. Hydrocarbon accumulation and distributional characteristics of the Silurian reservoirs in the Tazhong uplift of the Tarim basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 156-166.
- [13] 房晓璐,傅恒,刘雁婷. 塔河地区志留系柯坪塔格组沉积特征[J]. 天然气技术, 2009, 3(5): 6-9.
Pang Xiaolu, Fu Heng, Liu Yanting. Sedimentary characteristics of Silurian Kepingtage Formation in Tahe Area[J]. Natural Gas Technology, 2009, 3(5): 6-9.
- [14] 李彬,贺凯,吕海涛,等. 塔北地区二叠系火山岩岩性特征及油气勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(6): 851-858.
Li Bin, He Kai, Lü Haitao, et al. Lithologic characteristics and petroleum exploration potential of the Permian volcanic rocks in northern Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(5): 851-858.
- [15] 张翔,田景春,彭军. 塔里木盆地志留-泥盆纪岩相古地理及时空演化特征研究[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 762-771.
Zhang Xiang, Tian Jingchun, Peng Jun. The Lithofacies-paleogeography and space-time evolvement of Silurian-Devonian in the Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(5): 762-771.
- [16] 郭少斌,洪克岩. 塔里木盆地志留系-泥盆系层序地层及有利储层分布[J]. 石油学报, 2007, 28(3): 44-50.
Guo Shaobin, Hong Keyan. Silurian-Devonian sequence stratigraphy and favorable reservoir distribution in Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007(28)3: 44-50.
- [17] 贾进华,张宝民,朱世海,等. 塔里木盆地志留纪地层、沉积特征与岩相古地理[J]. 古地理学报, 2006, (8)3: 339-352.
Jia Jinhua, Zhang Baomin, Zhu Shihai, et al. Stratigraphy, sedimentary characteristics and lithofacies palaeogeography of the Silurian in Tarim Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(3): 339-352.
- [18] 郑冰,承秋泉,高仁祥. 塔里木盆地东北部奥陶-志留系沉积成岩作用[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 85-92.
Zheng Bing, Cheng Qiuquan, Gao Renxiang. Ordovician-Silurian sedimentation and diagenesis in northeastern Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 85-92.
- [19] 李玉胜,谢传礼,邓兴梁,等. 英买34、35井区志留系柯坪塔格组储层特征及其控制因素[J]. 中国地质, 2009, 26(5): 1087-1098.
Li Yusheng, Xie Chuanli, Deng Xingliang, et al. Reservoir characteristics and controlling factors of Silurian Kepingtage Formation in YM34 and YM35 well blocks[J]. Chinese Geology, 2009, 26(5): 1087-1098.
- [20] 邢凤存,白振瑞,李祯,等. 塔里木盆地早、中志留世沉积序列及其对构造-海平面变化的响应:以柯坪露头区为例[J]. 地球科学, 2011, 36(3): 541-554.
Xing Fengcun, Bai Zhenrui, Li Zhen, et al. Early-Middle Silurian sedimentary successions and their response to tectonism and eustatic fluctuations: a case study from the outcrops in Keping Area, Tarim Basin[J]. Earth Science, 2011, 36(3): 541-554.

(编辑 张亚雄)

(上接第207页)

- [2] 邓起东,冯先岳,张培震,等. 天山活动构造[M]. 北京:地震出版社, 2000: 1-399.
Deng Qidong, Feng, Xian Yue, Zhang Penzheng, et al. Active tectonics of the Chinese Tianshan Mountain[M]. Beijing: Seismological Press, 2000: 1-399.
- [3] Shaw J H, Connors C, Suppe J. Seismic interpretation of contractional fault-related folds: an AAPG seismic atlas[M]. American Association of Petroleum Geologists Special Publication, 2004: 1-270.
- [4] 王薇,张海,任剑,等. 地层压力的预测方法综述[J]. 内蒙古石油化工, 2005, 5(9): 46-47.
Wang wei, Zhang Hai, Ren Jie, et al. A summary of some relative technologies of predicting formation pressure[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2005, 5(9): 46-47.
- [5] 王震亮,孙明亮,耿鹏,等. 淮南地区异常地层压力发育特征及形成机理[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 32-33.
Wang Zhenliang, Sun Mingliang, Geng Peng, et al. The development features and formation mechanisms of abnormal high formation pressure in southern Junggar region[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(1): 32-33.
- [6] Orlov A, Omelchenko V, Trubenko A, et al. Incidence of tectonic stress on overpressure development in Ukrainian basin//[C]. In Swennen R, Roure F, Granath J W, eds. Deformation, Fluid flow, and reservoir appraisal in foreland fold and thrust belts. AAPG Hedberg Series, 2004, (1): 245-255.

(编辑 高岩)